

Proceso de diseño bioclimático. Control ambiental arquitectónico

El diseño bioclimático de un edificio es la actividad de mayor eficacia medioambiental y la de menor coste económico, de todas las que se pueden adoptar, a la hora de diseñar un edificio sostenible. Además, es la actividad que más influencia tiene en la estructura arquitectónica y el diseño formal del edificio.

El arquitecto es capaz de controlar la luz, el espacio, el color,... incluso la percepción espacial de los edificios, con su actividad proyectual. Por otro lado, puede controlar las emociones, las sensaciones y el comportamiento de sus ocupantes. Pero es que además, y por si fuera poco, puede controlar incluso la temperatura y la humedad en el interior de los edificios que proyecta.

Tomando decisiones puramente arquitectónicas se puede lograr que un edificio se caliente, por si mismo, en invierno, y se refresque, por si mismo, en verano. Dichas decisiones tienen que ver con la orientación, la tipología y la estructura formal del edificio, así como con la disposición y colocación de los diferentes componentes arquitectónicos en el mismo. Es decir, decisiones puramente arquitectónicas, que no necesitan de artefactos tecnológicos, y no incrementan el coste final del edificio.

Por ello, el grado de bioclimatismo de un edificio puede variar considerablemente dependiendo de las decisiones arquitectónicas que se adopten, o lo que es lo mismo, del nivel de conocimientos y experiencia que haya adquirido el arquitecto, a lo largo de su actividad profesional. Algunos profesionales pueden lograr simplemente un leve descenso del consumo energético del edificio, y en cambio, otros arquitectos podrían lograr que el edificio apenas consuma energía. Algunos arquitectos incluso podrían lograr que los edificios que proyectan se autorregulen térmicamente, por si mismos, sin necesidad de sistemas de calefacción o aire acondicionado, y por tanto sin consumo energético alguno. Este es mi objetivo general, y debo decir que lo he logrado en varias ocasiones, en edificios tales como *Ramat Eco-House*, *Green Box*, *Restaurante Casas del Rio*, *Sollana Eco-House*, *Green Box*, o *Eye of Horus Eco-House*, entre otros. Todos estos edificios se autorregulan térmicamente, sin necesidad de artefactos tecnológicos, y tienen un consumo energético cero.

Queda claro por tanto, que un “edificio bioclimático” es aquel que se autorregula térmicamente, sin necesidad de equipos mecánicos, y tan sólo por medio de su estructura arquitectónica. Por tanto, para lograr un verdadero edificio bioclimático deben tomarse las decisiones adecuadas, con el fin de lograr, con decisiones puramente arquitectónicas, tres objetivos fundamentales:

1. Generación de calor (y fresco)
2. Almacenamiento de calor (y fresco)
3. Transferencia de calor (y fresco)

Para lograr estos tres objetivos el arquitecto debe desplegar un conjunto variado de estrategias arquitectónicas concretas. Estas estrategias pueden ser tan variadas y numerosas como le permita su experiencia profesional, por lo que no es posible acotarlas.

Sin embargo, y con fines puramente académicos y didácticos, a continuación se identifican las más importantes y efectivas. Por supuesto, muchas de ellas suelen ir íntimamente ligadas a otras, ya que se necesitan mutuamente.

1. Estrategias arquitectónicas para generar calor (y fresco)

Son estrategias puramente arquitectónicas que permiten que un edificio se caliente (o se refresque), por si mismo, sin necesidad de artefactos tecnológicos. Algunas de estas estrategias son muy sencillas, pero otras son realmente ingeniosas o especializadas. Por otro lado, algunas de ellas son complementarias, y en cambio otras son, en cierta medida, excluyentes entre sí. Por tanto, en el diseño de un determinado edificio se debe elegir el conjunto de acciones más efectivas, adecuadas y económicas, que permita que dicho edificio se

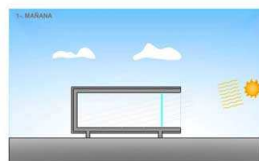
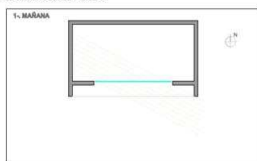
comporte con la mayor eficacia posible.

Muchas de estas estrategias son extremadamente económicas, ya que simplemente implican un cambio en la disposición de elementos arquitectónicos, que se presuponen ya existentes en el diseño de un determinado edificio. En cambio, otras acciones podrían resultar más costosas y complejas, por lo que, el arquitecto debe integrarlas correctamente con los elementos arquitectónicos ya existentes, con el fin de disminuir al máximo el posible sobrecoste (en cualquier caso, inferior al coste de cualquier artefacto tecnológico que se pudiera incorporar para tal fin).

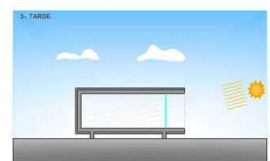
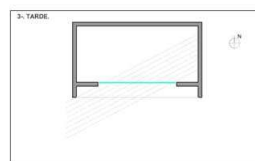
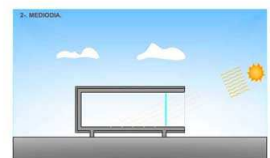
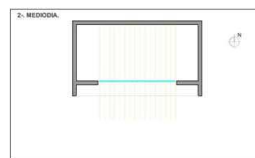
MODIFICACIÓN DE FRECUENCIA DE ONDA.



1.- ORIENTACIÓN SUR.

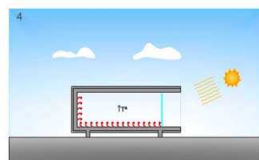
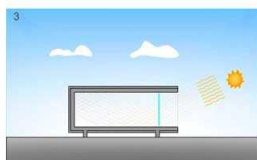
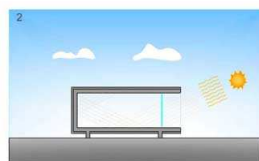
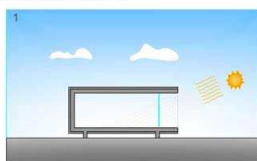


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.



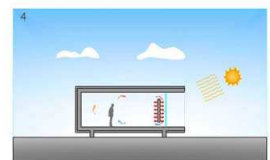
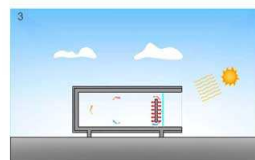
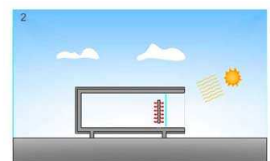
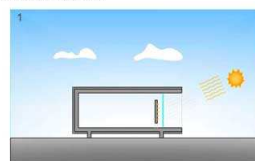
MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

2.-EFECTO INVERNADERO.



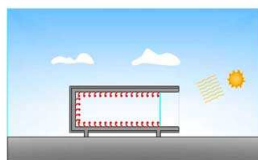
MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

3.- MUROS TROMBÉ.

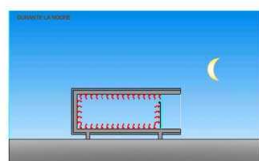
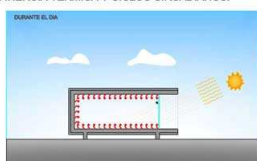


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

4.- AISLAMIENTO.



5.- INERCIA TÉRMICA Y CICLOS CIRCADIANOS.

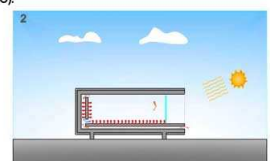
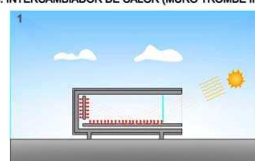


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

6.- VENTILACIÓN POR SISTEMAS DE DOBLE PIEL DE VIDRIO EN FACHADA SUR (DOBLE INVERNADERO).

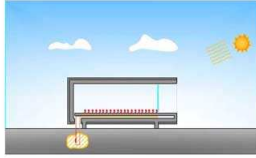


7.- INTERCAMBIADOR DE CALOR (MURO TROMBÉ INVERSO).

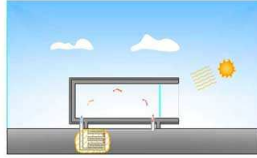


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

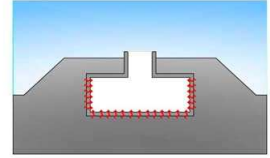
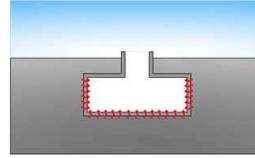
8.- CALENTAMIENTO GEOTÉRMICO POR LÍQUIDO.



9.- CALENTAMIENTO GEOTÉRMICO POR AIRE.



12.- CALENTAMIENTO POR INMERSIÓN EN LA TIERRA.



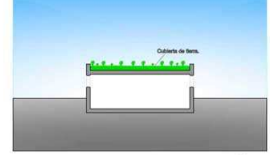
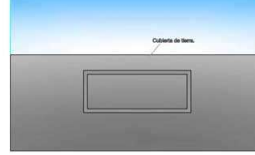
10.- CONVECTORES SOLARES.



11.- CALENTAMIENTO POR SUELO RADIANTE SOLAR.

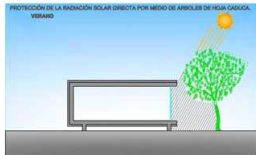
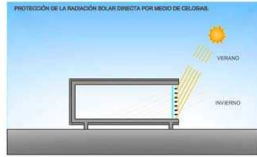


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.



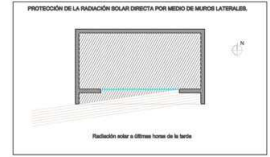
MECANISMOS DE GENERACIÓN DE CALOR.

1.- PROTECCIONES SOLARES DIRECTAS HORIZONTALES.



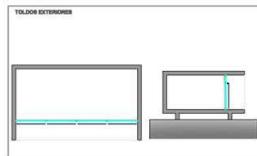
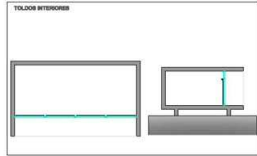
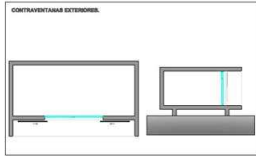
MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

2.- PROTECCIONES SOLARES DIRECTAS VERTICALES.



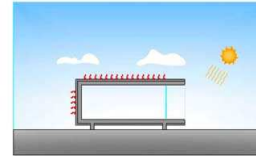
MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

3.- PROTECCIONES SOLARES INDIRECTAS.

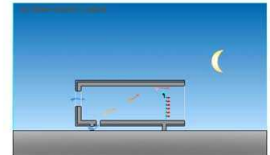
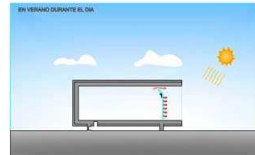


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

4.- AISLAMIENTO.

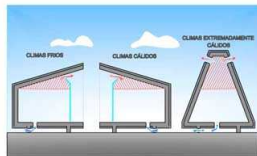
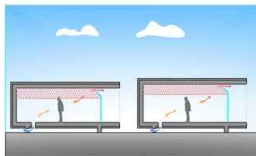


5.- INERCIA TÉRMICA Y CICLOS CIRCADIANOS.

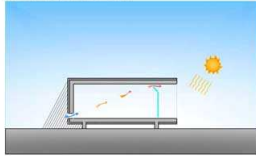


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

6.- CONVECCIÓN NATURAL.

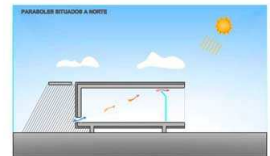
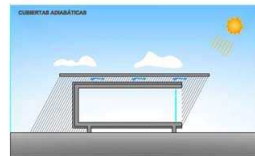


7.- VENTILACIÓN CRUZADA.

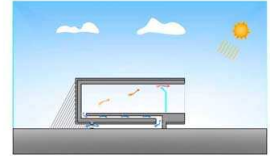
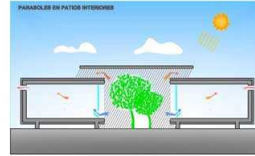


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

8.- GENERADORES DE SOMBRA.

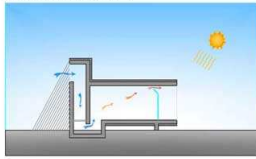


9.- INTERCAMBIADORES TÉRMICOS ARQUITECTÓNICOS.

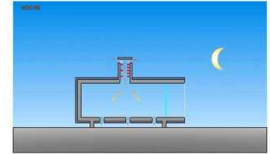
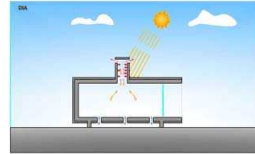


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

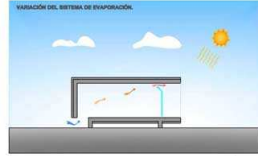
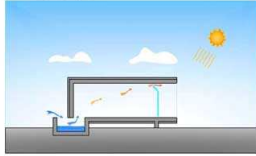
10- CAPTORES DE VIENTO.



12- EFECTO CHIMENEA.

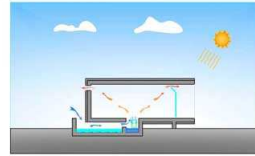


11- EVAPORACIÓN.

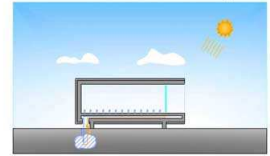


MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

13- SALES DESUMECTADORAS.

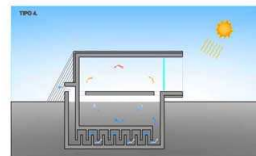
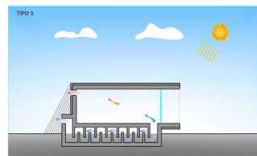
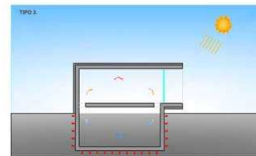
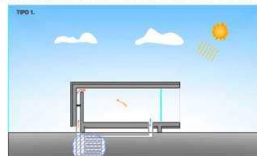


14- INTERCAMBIADORES GEOTÉRMICOS (POR AGUA).



MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

15- INTERCAMBIADORES GEOTÉRMICOS (POR AIRE).



MECANISMOS DE GENERACIÓN DE FRESCO.

2. Estrategias arquitectónicas para almacenar calor (y fresco)

Para realizar un correcto diseño bioclimático del edificio, además de utilizar estrategias puramente arquitectónicas para generar calor o fresco, es necesario disponer componentes arquitectónicos con el fin de almacenar al máximo dicho calor o (fresco), para poder utilizarlo cuando sea necesario.

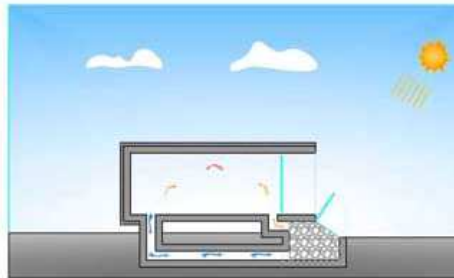
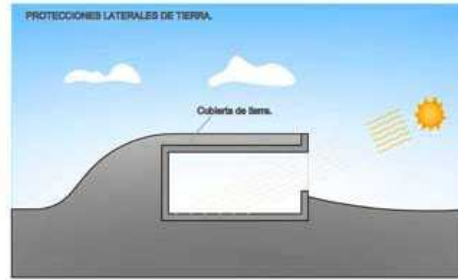
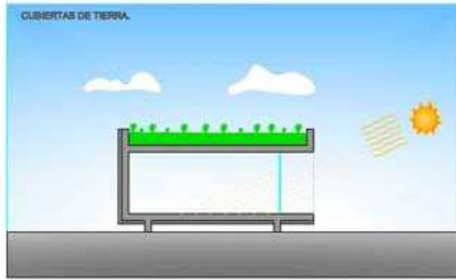
El almacenamiento térmico se consigue básicamente aumentando la inercia térmica de los edificios, es decir, la masa de algunos de sus componentes. Por ello, deben utilizarse sistemas estructurales de gran masa, pero al mismo tiempo que supongan el menor coste energético posible, y que se puedan construir con la mayor rapidez y sencillez posible. Además, deben utilizarse otros elementos arquitectónicos (agua, tierra, residuos...) que aumenten al máximo la masa del edificio, al menor coste posible.

La inercia térmica del edificio es fundamental, ya que sin ella, el edificio no podría comportarse adecuadamente, o necesitaría la ayuda de artefactos tecnológicos, con el consiguiente consumo energético, y aumento de precio.

Una elevada inercia térmica permite, en invierno, que el calor generado durante el día de forma natural (básicamente por la radiación solar), se mantenga durante la noche, sin consumo energético alguno, y asegurando el bienestar de sus ocupantes. Del mismo modo, permite, en verano, que el fresco generado durante la noche de forma natural (al bajar la temperatura por ausencia de radiación solar), se mantenga durante el día, sin consumo energético alguno, y asegurando el bienestar de sus ocupantes. Del mismo modo, y en términos generales, una elevada inercia térmica permite obtener una temperatura siempre estable en el interior de los edificios, con independencia de las variaciones térmicas exteriores, y garantizar de este modo el bienestar de sus ocupantes.

Sin la suficiente inercia térmica no hay forma de conseguir este comportamiento, y por tanto, no hay forma de conseguir un verdadero edificio bioclimático.

1-. EXTERIORES AL EDIFICIO.



ACUMULACIÓN DE FRESCO/CALOR.

3. Estrategias arquitectónicas para transferir calor (y fresco)

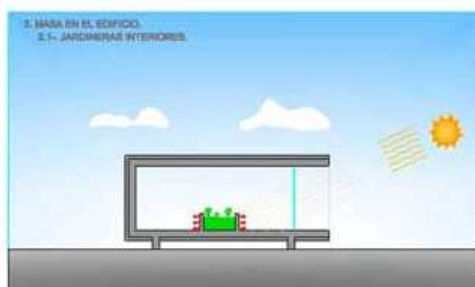
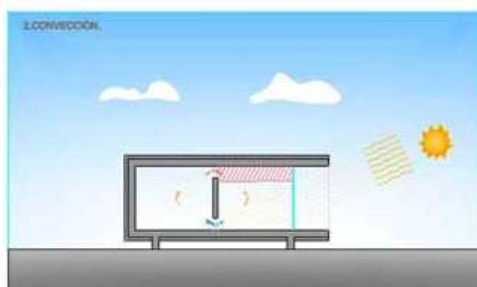
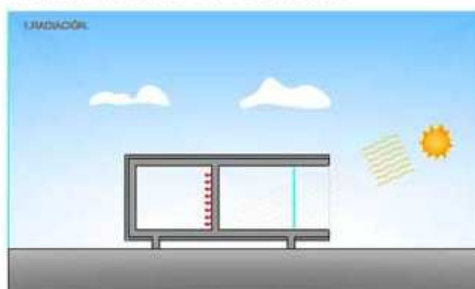
Debido a la complejidad espacial de la mayoría de los edificios, no todas sus estancias tienen posibilidad de refrescarse o calentarse arquitectónicamente de forma natural por medio de las estrategias arquitectónicas descritas. Por ello se deben disponer estrategias arquitectónicas para transferir el calor (o el fresco) acumulado, a otras partes del edificio en las que no se haya podido obtener directamente de forma natural, y de este modo garantizar que todas las estancias del edificio puedan garantizar el bienestar y el confort de sus ocupantes.

Por tanto, se debe elegir cuidadosamente tanto la tipología y estructura arquitectónica general del edificio, como las estrategias arquitectónicas más efectivas para transferir calor, o fresco, de unas estancias a otras.

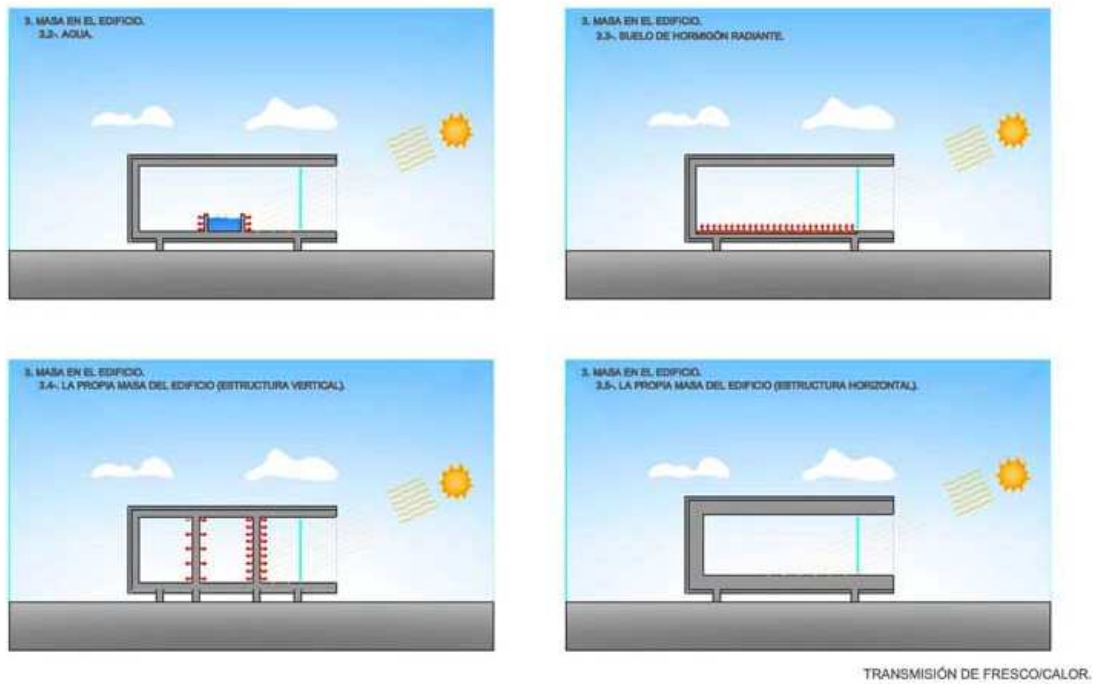
GENERALIDADES



1-. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN.



TRANSMISIÓN DE FRESCO/CALOR.



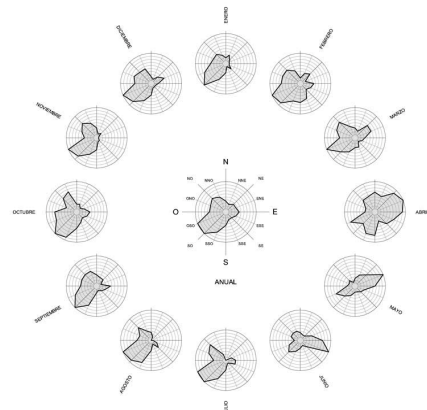
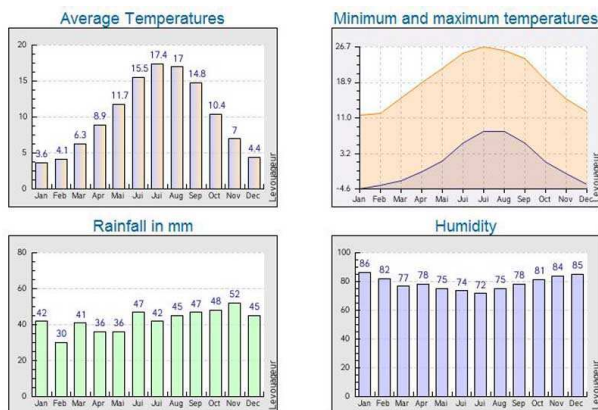
Para hacer un uso correcto de estas estrategias bioclimáticas, y asegurar el efectivo diseño de un determinado edificio, se debe establecer, a su vez, un proceso de diseño general de diseño bioclimático.

Este proceso de diseño debe servir de guía al arquitecto en su correcta toma de decisiones, y al mismo tiempo debe asegurar que se toman las decisiones adecuadas, asegurando la mayor eficacia energética de un determinado edificio, y el menor coste económico posible.

Esta estrategia general es la siguiente:

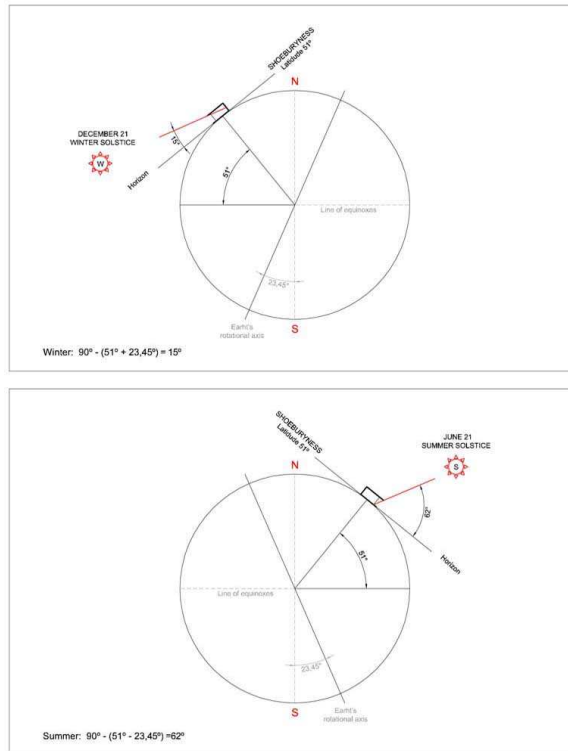
1. Obtención de datos climatológicos.

En primer lugar se debe recabar la máxima información climatológica posible de un determinado lugar. Esta información debe incluir la variación térmica diaria, la variación de la humedad ambiental diaria, los vientos dominantes, la intensidad de la radiación solar, las horas de iluminación natural diaria, etc., así como cualquier dato representativo del microclima local. Como resultado de esta primera etapa ya se puede tener una idea borrosa de los principales problemas a resolver, así como del tipo de edificio más adecuado.



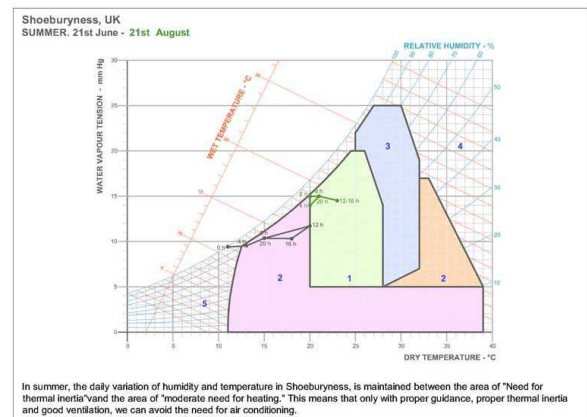
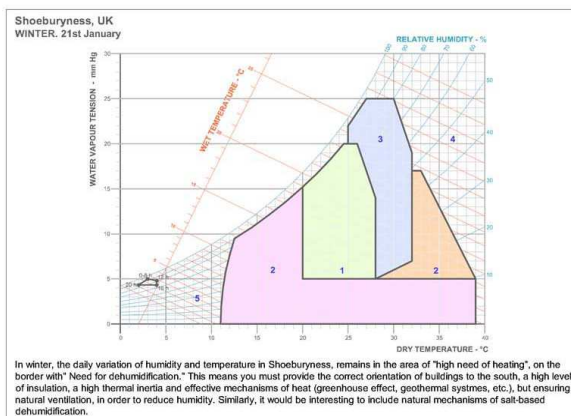
2. Obtención de la inclinación de la radiación solar.

El siguiente punto consiste en calcular, para las diferentes estaciones representativas del año, la inclinación de la radiación solar, a diferentes horas del día. Es especialmente importante conocer la máxima y la mínima inclinación solar. Esta información da una idea de ciertos aspectos básicos de la estructura del edificio (profundidad de los espacios, altura de los huecos, posición de núcleos de comunicación,..), y de la estructura formal de la fachada (tipos de huecos, dimensionado de las protecciones solares, etc...).



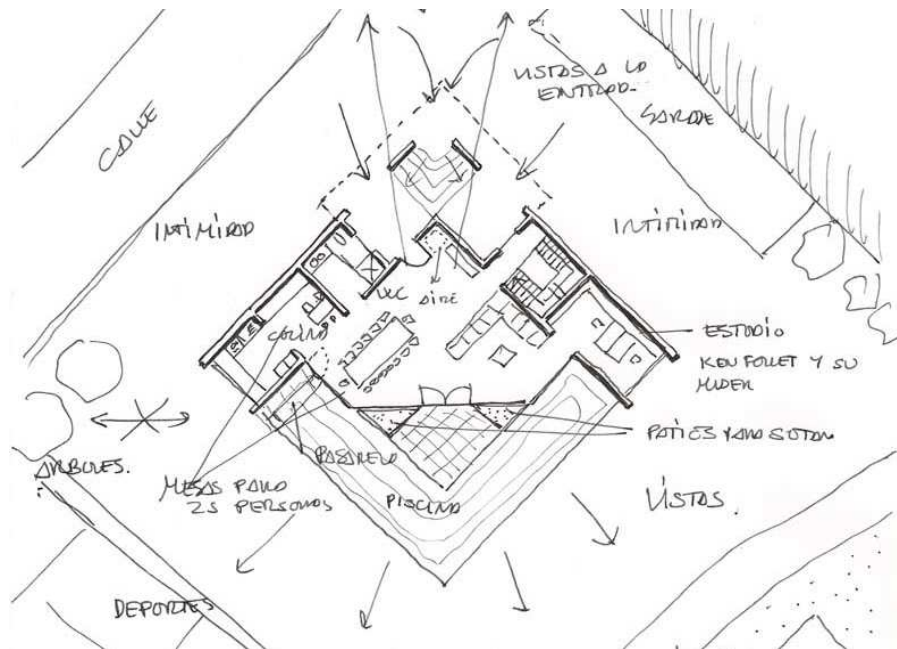
3. Confección de diagramas de confort.

Los diagramas de confort se confeccionan a partir de diagramas higrométricos en los que se la establecido la zona de confort humano. Sobre estos diagramas se grafía la variación de temperatura y humedad a lo largo de los días más representativos de cada estación térmica del año. Esta información sugiere claramente las necesidades de ventilación, inercia térmica, aireación, calefacción, y des humectación. Por tanto, proporciona una información básica y exacta de las características más importantes del edificio (masa, factor de forma, tipo de huecos, sistemas de ventilación, necesidad de aislamiento, etc.).



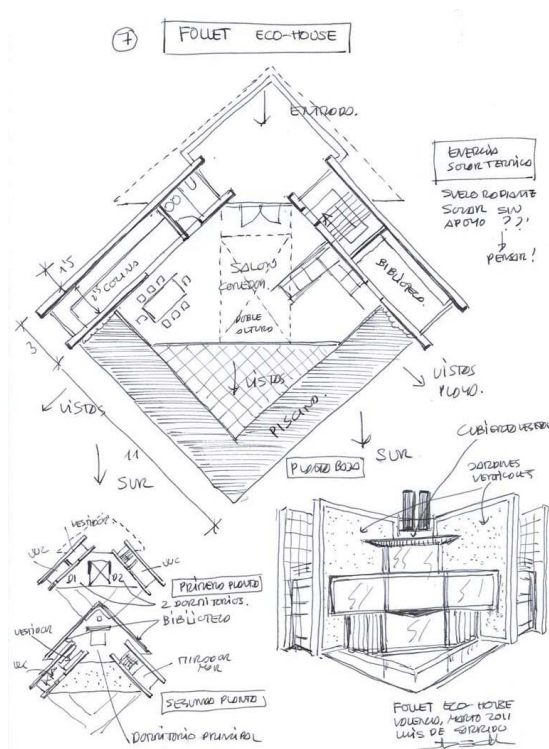
4. Obtención de los parámetros generales del edificio

Con toda la información obtenida, junto con los requerimientos funcionales, simbólicos, económicos y sociales se deben establecer los parámetros más importantes del edificio. En esta etapa debe quedar más o menos clara la estructura topológica y funcional del edificio.



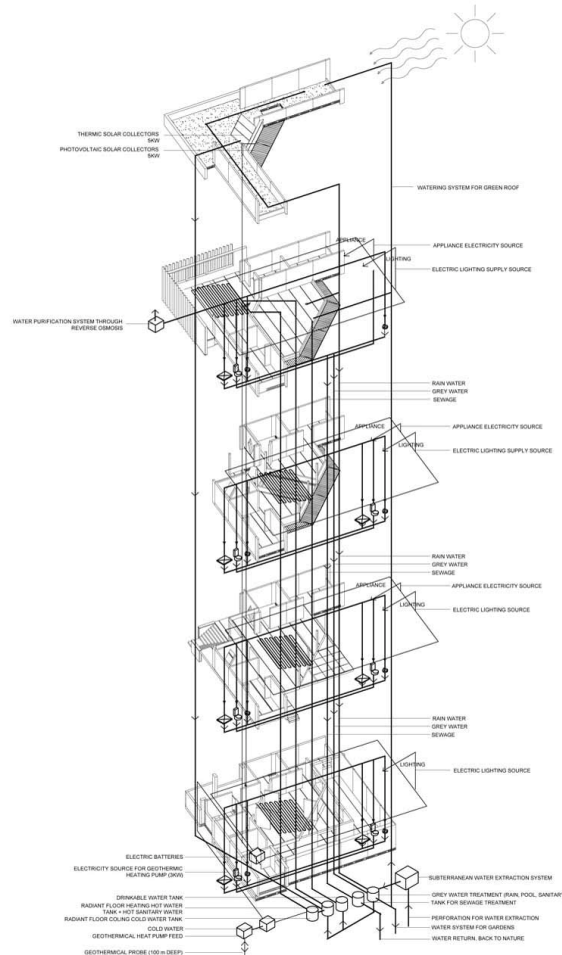
5. Identificación de la tipología arquitectónica más adecuada.

Al llegar a este punto el arquitecto ya debe proponer una solución borrosa inicial, que sirva de síntesis del problema de diseño. Es decir, el arquitecto debe proponer una determinada tipología arquitectónica tentativa, lo más acertada posible, con el fin de poder encajar los diferentes espacios, y elementos constitutivos del edificio a diseñar. En esta etapa deben incluirse necesidades psicológicas, emocionales y simbólicas, que tengan o representen los ocupantes del edificio.



6. Refinamiento progresivo de la tipología arquitectónica.

A partir de este punto comienza el proceso habitual de la actividad del arquitecto, pero evaluando, además, la eficacia medioambiental de las diferentes etapas intermedias, con ayuda de los indicadores sostenibles. De este modo, poco a poco, los diferentes elementos van encajando progresivamente entre sí, conformando la solución formal del edificio. Si en un determinado momento se llega a un callejón sin salida, se debe pasar al apartado anterior, y continuar con el proceso.



Esta etapa puede tener dos versiones diferentes, dependiendo de los objetivos deseados:

- Diseñar un edificio con posibilidad de conexión a la red de suministro de energía.

En este caso, y como se tiene garantizado el suministro urbano, el objetivo es disminuir al máximo el consumo de energía, y también el equipamiento tecnológico, con el fin de que no tengan sobrecoste alguno. Por tanto debe buscarse el diseño bioclimático más efectivo posible, con el fin de que los edificios se comporten del mejor modo posible, tanto en invierno, como en verano, garantizando el bienestar de sus ocupantes.

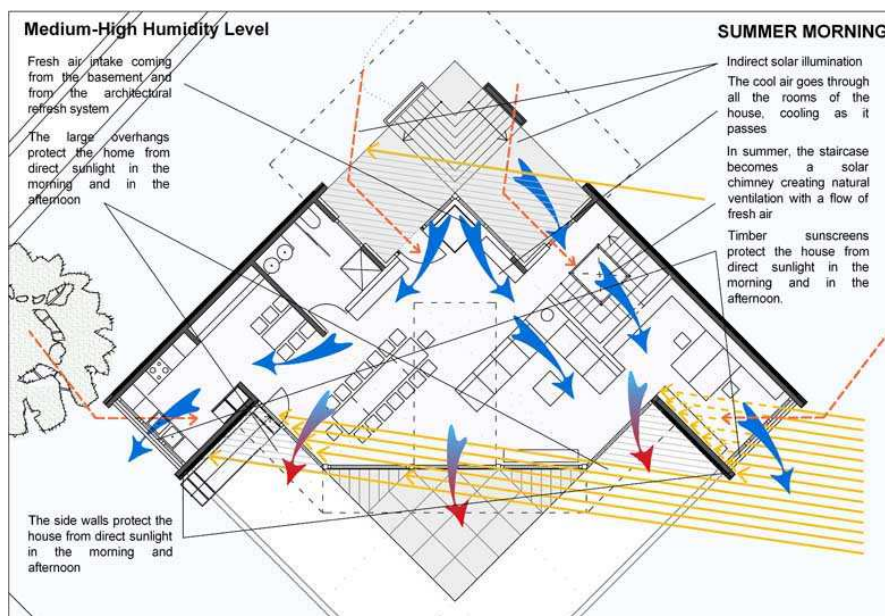
- Diseñar un edificio sin posibilidad de conexión a la red de suministro de energía.

Referido a edificios que no se puedan, o no se desea, conectar a la red de suministro urbano. En este caso los edificios deben incorporar necesariamente cierto equipamiento tecnológico, con el fin de suministrar la energía eléctrica que necesitan (iluminación, electrodomésticos). Es decir, es obligado invertir cierta cantidad de dinero. Por ello, el objetivo ahora es hacer uso de estos equipos tecnológicos –ya que están– para otros fines, con el fin de asegurar el bienestar de sus ocupantes. Por ejemplo, ya que deben disponerse necesariamente captadores solares fotovoltaicos para generar electricidad para la iluminación y los electrodomésticos de los edificios, parte de esta energía puede

utilizarse para alimentar una bomba de calor geotérmica para su acondicionamiento térmico. Por ello, el diseño bioclimático de los edificios no tiene porque ser tan efectivo, por lo que su diseño formal puede tener menos restricciones. De este modo se pueden conseguir edificios con mayor carácter simbólico y emocional.

7. Cálculo de las protecciones solares.

Una vez que ya se tiene una solución aproximada para el diseño del edificio, se debe empezar con un proceso de dimensionado general de todos sus espacios y componentes. Especialmente hay que prestar atención al dimensionamiento de las protecciones solares, con el fin de controlar al máximo la radiación solar cada día del año.



8. Diseño de las soluciones constructivas más adecuadas.

Finalmente se deben de diseñar todas las soluciones constructivas del edificio, prestando una minuciosa atención a su eficiencia energética.

9. Correcta elección tecnológica, y correcto dimensionado de los artefactos.

Este punto puede que no sea necesario en algunas ocasiones, dependiendo de las condiciones climatológicas del entorno, y de la bondad del diseño obtenido. Sin embargo, en otras ocasiones, los edificios deben complementarse con artefactos tecnológicos, con el fin de asegurar el bienestar humano. En este caso el objetivo es en primer lugar, minimizar la potencia de los equipos que se deben incorporar en los edificios, y en segundo lugar, gestionarlos convenientemente en todo momento, con el fin de disminuir al máximo su tiempo de funcionamiento, para consumir la menor cantidad posible de energía.

Este punto es de vital importancia, ya que es el talón de Aquiles de la práctica totalidad de ejemplos que en los últimos años se ha intentado presentar como “sostenibles”, muchas veces de forma forzada. Habitualmente se presenta un edificio como “sostenible”, como aquel que puede producir un determinado ahorro energético. Y para ello se argumentan ciertas acciones (la mayoría de ellas consisten en la incorporación de aditivos tecnológicos), con la finalidad de producir cierto porcentaje de reducción del consumo energético, y de emisiones. Y en la mayoría de estos casos, si no todos, este porcentaje de reducción se consigue gestionando convenientemente los artefactos, de alta eficiencia energética, incorporados al edificio. Y sobre el papel, en fase de proyecto, se argumenta

que se puede obtener dicho porcentaje de reducción. Sin embargo, la realidad es que, cuando estos edificios acaban construyéndose, y utilizándose, este porcentaje, es mucho menor, o sencillamente es inexistente. Las causas de este fracaso son dos: por un lado se evidencia un grave error de cálculo y una exageración mediática, y por otro lado se evidencia un grave error de dimensionamiento tecnológico, y sobre todo, de gestión.

Este error estratégico se produce al no limitar la potencia máxima del equipamiento tecnológico incorporado, y centrar la reducción del consumo simplemente en su gestión. Y este es un grave error, ya que evidencia, a su vez, dos cosas. En primer lugar que el edificio no ha sido diseñado correctamente (ya que si se hubiera hecho, la potencia necesaria de los aditivos tecnológicos sería menor) y por otro lado, que se gestiona mal.

Pongamos un ejemplo para entender la gravedad del problema.

Supongamos que se desea iluminar el hall de entrada de un hotel, con la finalidad de satisfacer las necesidades variables de iluminación a lo largo de un determinado día. Pues bien, seguramente el sistema de iluminación haya sido dimensionado con una determinada potencia energética elevada, evidenciando la falta de esfuerzo en el diseño arquitectónico del hotel (tipología arquitectónica, orientación, ubicación de luminarias, protecciones solares, ...). Para reducir el consumo energético puede que se hayan incorporado luminarias de menor consumo, y puede que se hayan diseñado varios circuitos de iluminación, con la esperanza de que estos circuitos se activen de forma escalonada, dependiendo de las necesidades de iluminación a lo largo del día. Seguramente lo que se espera es que los circuitos de iluminación cercanos a las ventanas no se activen cuando haya suficiente iluminación natural, y que solo se activen cuando haya menos. Y en base a esta supuesta gestión eficaz se estime un determinado porcentaje de ahorro energético. Sin embargo la cruda realidad es que en el uso diario y habitual del hotel se suelen activar todas las luminarias a primera hora de la mañana, todos los días del año. Sencillamente porque casi nunca existe un equipo adecuado de gestión. Pero el caso es que, si existiera, este equipo de gestión consumiría más energía de la que se podría ahorrar. Y lo mismo podría decirse de los sistemas domóticos de control. Su coste económico eclipsa el supuesto ahorro que se dice que pueden lograr, y eso solo cuando funcionan correctamente, porque, a su vez, también necesitan mantenimiento y una buena gestión.

El caso es que esta situación, completamente habitual en iluminación, también es completamente habitual con los equipos de aire acondicionado (que siempre están al máximo), los equipos de calefacción (sobre dimensionados y siempre al máximo), las escaleras mecánicas (que casi siempre están funcionando), etc.....

En resumen, se puede deducir que la única solución efectiva consiste en que el equipamiento tecnológico tenga la menor potencia posible, ya que, o bien no existe la gestión, o no es adecuada, o simplemente es muy cara, hasta un punto que no justifica el posible ahorro. Por tanto, es ridículo estimar y argumentar un posible ahorro energético, basado en esta estrategia. Una estrategia que básicamente es la única que actualmente se realiza.

Por tanto, la única acción que garantiza una verdadera reducción en el consumo energético consiste en disminuir la potencia del equipamiento tecnológico de un determinado edificio, y esto solo es posible, cambiando y mejorando sustancialmente su diseño.

Solo un buen diseño puede, por tanto, asegurar una reducción en el consumo energético. Por tanto, el objetivo debería ser siempre el conseguir un diseño tan optimizado para un edificio de tal modo que no necesitara ningún equipamiento tecnológico, o que necesitara la menor cantidad posible.

10. Correcta gestión.

Puede parecer que la gestión de un edificio nada tiene que ver con su diseño, pero no es así. La gestión del funcionamiento de los artefactos tiene una relación directa con las decisiones que se hayan realizado en su proyecto. En este sentido deben tenerse en cuenta varios factores, tales como: robustez de la tecnología utilizada, sencillez de la tecnología, accesibilidad a los artefactos, ergonomía, ubicación, facilidad de utilización, etc... En general, en el proyecto de un edificio se deben tener en cuenta todo tipo de aspectos con la finalidad de facilitar al máximo la gestión del mismo, y de este modo asegurar realmente su funcionamiento, y su alta inercia energética.

Este proceso de diseño puede servir de gran utilidad ya que asegura la mejor tipología arquitectónica, y la mejor estructura arquitectónica para cada entono concreto, y por tanto, el mejor comportamiento térmico del edificio. De este modo se pueden incluso conseguir edificios de consumo energético cero, y sin necesidad de artefactos tecnológicos. Es decir, una arquitectura capaz de autorregularse térmicamente debido tan solo a su diseño.

Luis De Garrido

Doctor Arquitecto, Doctor Ingeniero Informático, Máster en Urbanismo
Profesor invitado del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT)
Director *Máster en Arquitectura Sostenible* (MAS)
Director *Máster en Arquitectura Bioclimática Autosuficiente* (MABA)
Presidente de la *Asociación Nacional para la Arquitectura Sostenible* (ANAS)
Presidente de la *Asociación para la Arquitectura Autosuficiente* (AAA)
Presidente de la *International Federation for Sustainable Architecture* (IFSA)

degarrido@ono.com

info@luisdegarrido.com

<https://www.facebook.com/LuisdeGarridoArquitecto>

<http://www.facebook.com/pages/Master-Arquitectura-Sostenible-MAS/188875931176261>

www.luisdegarrido.com